



Surveillance Distribuée de Systèmes Multi-agents
M2 3EA, EC 53, A.U. 2022-2023



Activités de recherche de l'équipe PR du laboratoire MIS

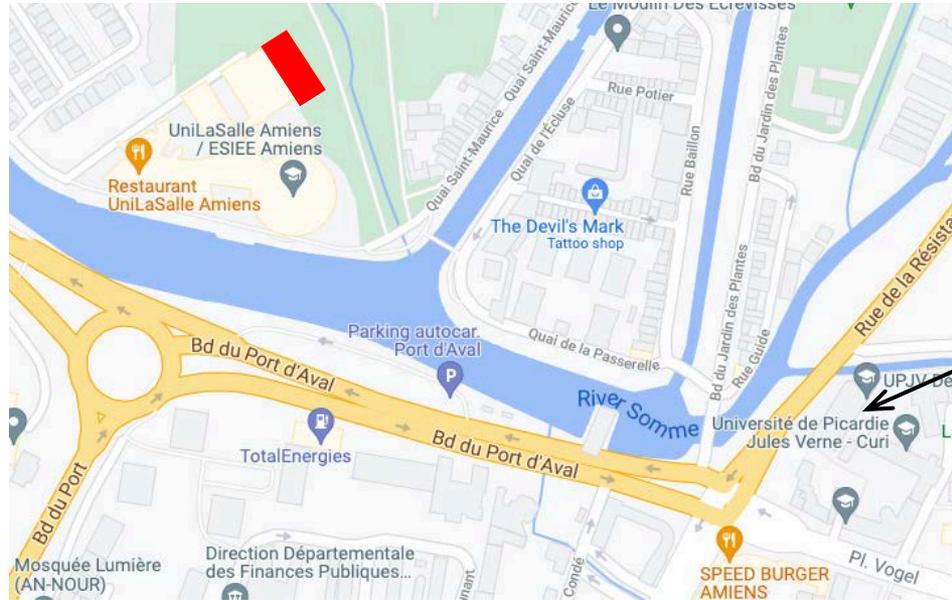
Fabio MORBIDI

Laboratoire MIS
Équipe Perception Robotique
fabio.morbidi@u-picardie.fr

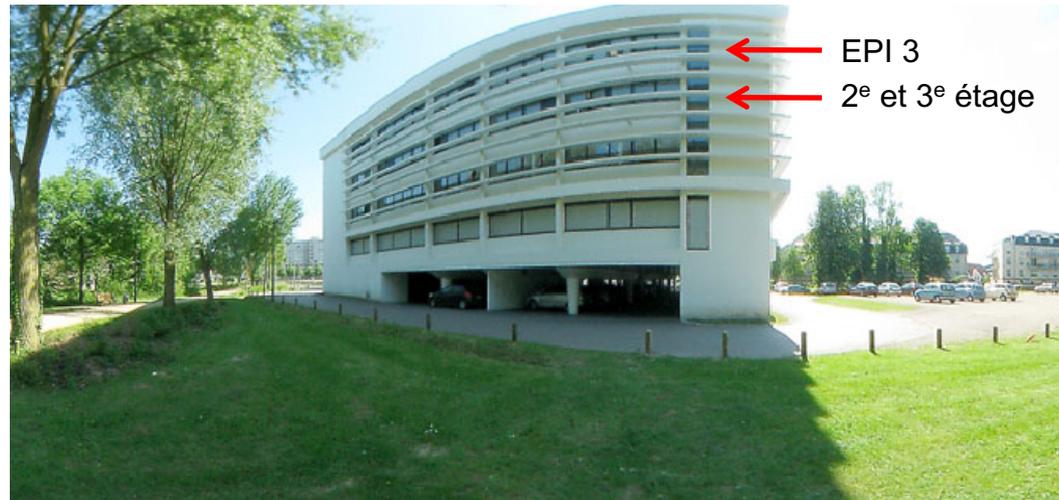
26 Mai 2023



Laboratoire MIS



Département EEA





Laboratoire MIS : présentation

MIS: Modélisation, Information & Systèmes

www.mis.u-picardie.fr



- Laboratoire de l'UPJV (Amiens et Saint-Quentin)
- Thèmes de recherche (STIC):
 - Automatique
 - Cryptographie
 - Informatique
 - Recherche opérationnelle
 - Robotique et vision par ordinateur
- Environ 90 personnes:
 - 50 permanents
 - 40 entre doctorants, post-doctorants, ingénieurs de recherche
 - 2 secrétaires et 2 ingénieurs en CDI (H. Midavaine)

Laboratoire MIS : présentation

Directeur: G. Dequen

Directeur adjoint: J. Bosche



- 1) **Équipe PR** (Perception Robotique): resp. F. Morbidi
 - 9 Permanents: 6 Maître de Conférences (Caron, Kachi, Morbidi, Potelle), 3 Professeurs
 - 6 Doctorants, 2 Post-docs
- 2) **Équipe COVE** (Commandes et Véhicules): resp. A. El Hajjaji
- 3) **Équipe GOC** (Graphes, Optimisation et Contraintes): resp. C.-M. Li
- 4) **Équipe SDMA** (Systèmes Distribués, Mots et Applications): resp. F. Levé

Équipe PR : activités de recherche

Plate-formes
robotiques de
l'équipe PR



Équipe PR : activités de recherche

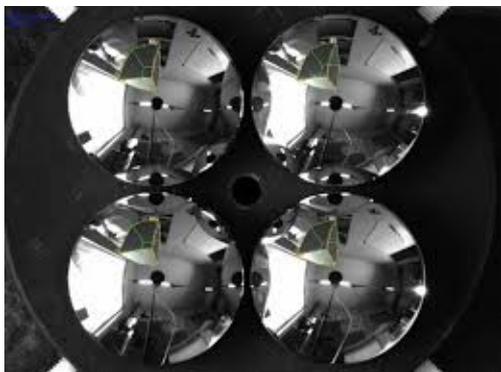
1) Vision non-conventionnelle

- Modélisation de caméras omnidirectionnelles (catadioptriques, multi-fisheye), plénoptiques, RGB-D (par ex. *RealSense*, *Kinect*) et événementielles
- Calibration de caméras non-conventionnelles

Applications : asservissement visuel, localisation/navigation de robots mobiles et cartographie basées vision



Caméra twin-fisheye
(*Theta S* de Ricoh)



Capteur "four-in-one": 4 miroirs paraboliques observés par une caméra orthographe



Caméra plénoptique ou "light-field" (*Lytro*)



Caméra catadioptrique avec miroir hyperbolique (Caméra *uEye* de IDS)



Caméra événementielle (*EVK3* de Prophesee)

2) Drones

- Perception embarquée et fusion multi-capteurs
- Estimation (basée vision) de position/orientation
- Modélisation (multi-rotors, drones à voilure fixe)
- Optimisation énergétique de la trajectoire



Phantom 4 de DJI



DISCO FPV de Parrot



*Bebop 2
de Parrot*



*Matrice 600 Pro (en haut),
Matrice 200 de DJI (en bas)*



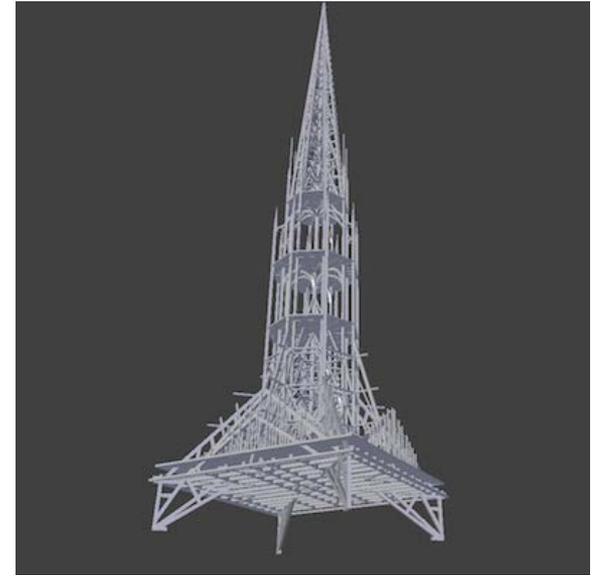
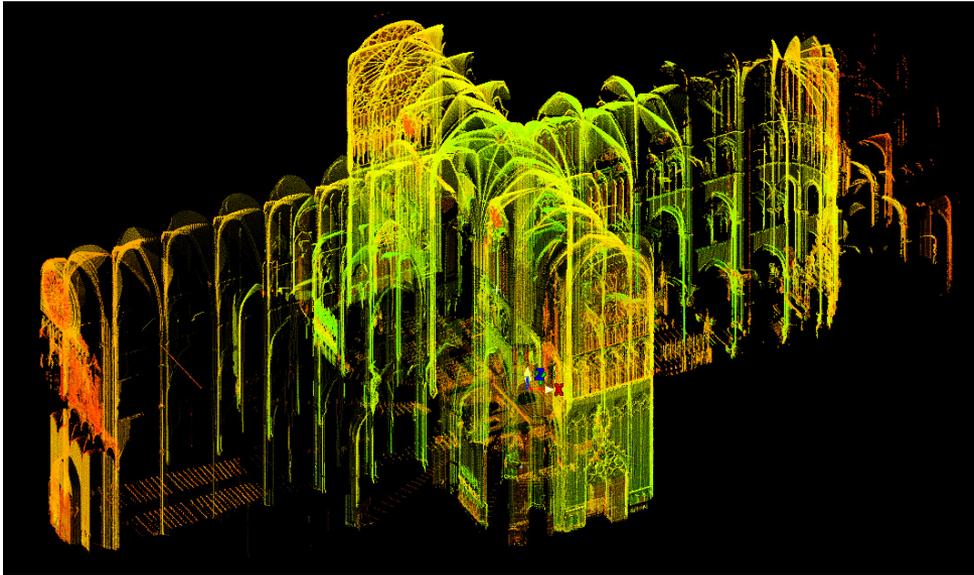
Équipe PR : activités de recherche

3) Réalité virtuelle et systèmes immersifs

- Numérisation et modélisation 3D
- Aide à la navigation dans un environnement 3D (réalité virtuelle/augmentée)
- Préservation et valorisation du patrimoine culturel

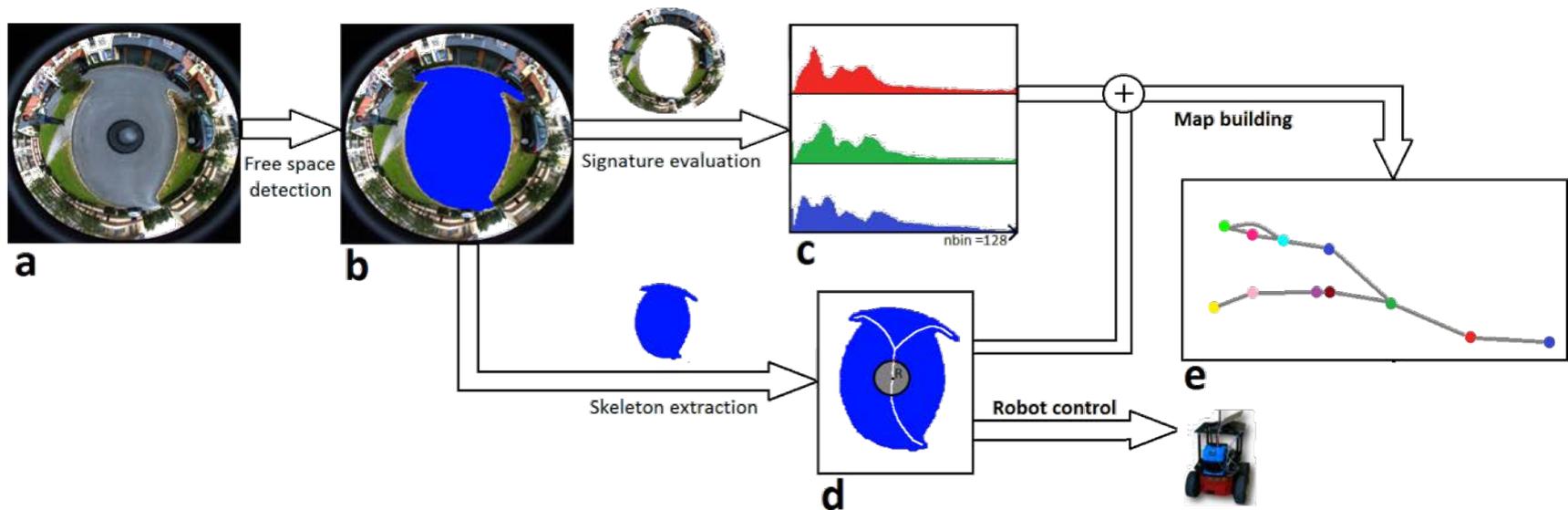


HTC vive



Équipe PR : activités de recherche

1) Vision non-conventionnelle

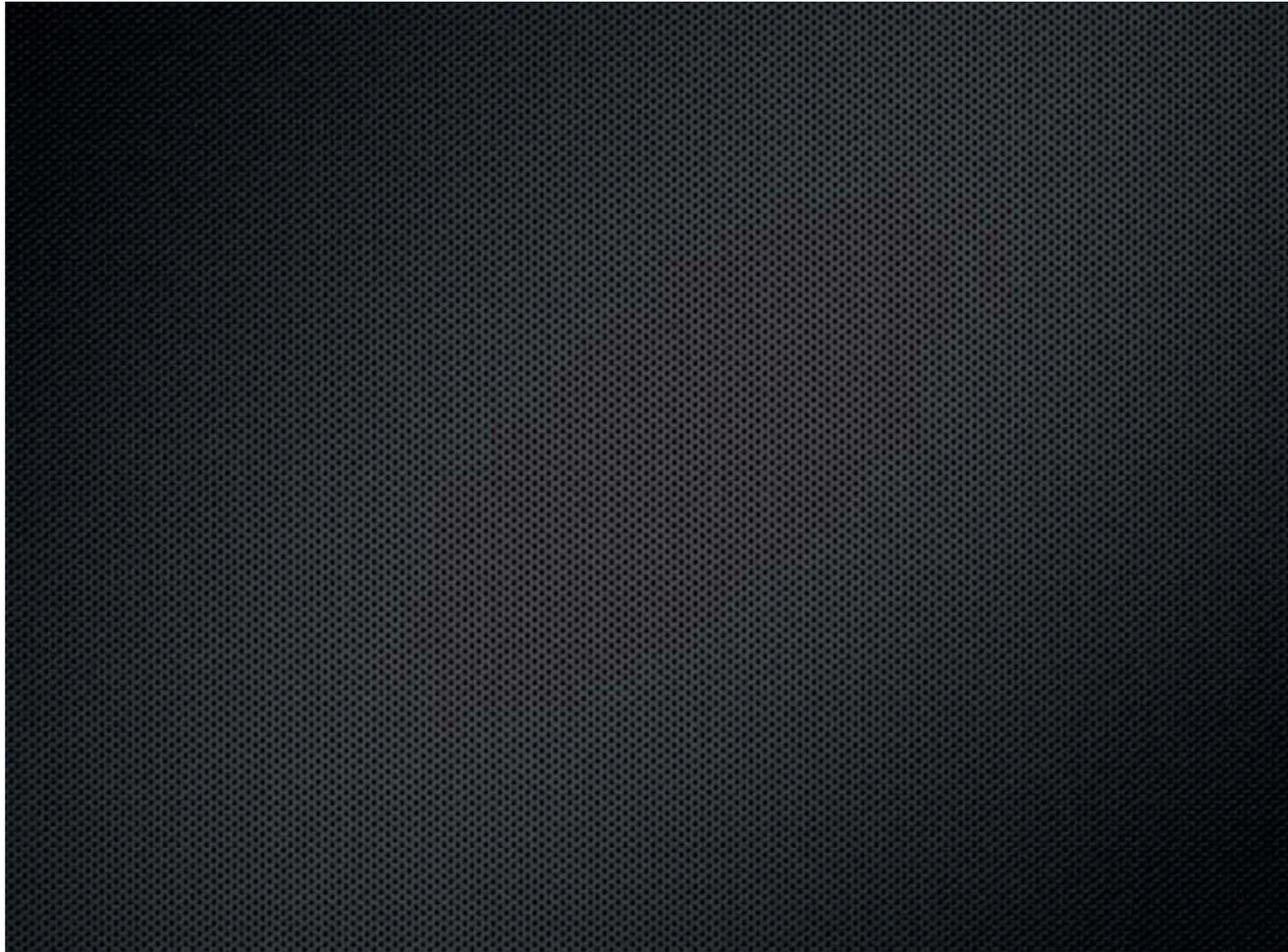


"Haar invariant signatures and spatial recognition using omnidirectional visual information only",
 O. Labbani-Igbida, C. Charron, E. Mouaddib, Auton. Robot. vol. 30, n. 3, pp. 333-349, 2011



Équipe PR : activités de recherche

- Validation expérimentale



Équipe PR : activités de recherche

Camera catadioptrique



Robot mobile
(Pioneer 3-AT)

Compas visuel

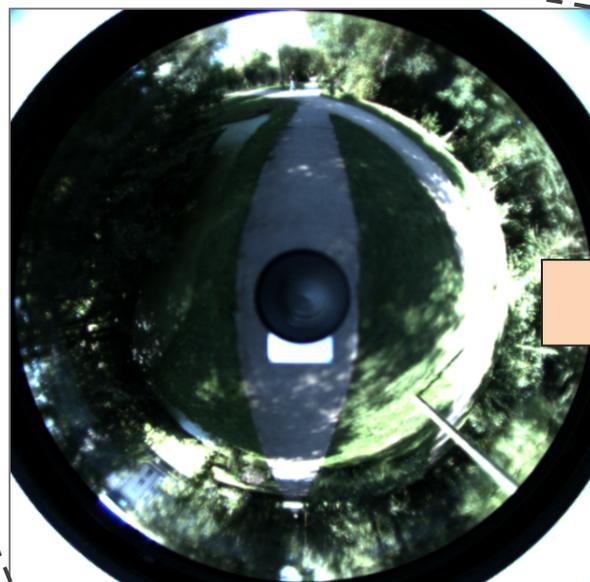


Image de référence

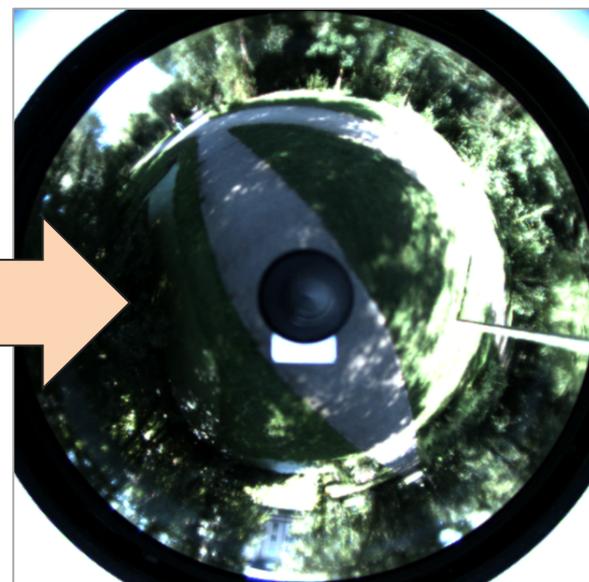


Image courante

$\theta ?$

Équipe PR : activités de recherche

Compas visuel basé sur la méthode de la corrélation phase

- Précis et direct (aucune segmentation de l'image)
- Robuste aux changements d'éclairage
- Caméra *partialement calibrée*
- Environnements *non-structurés*

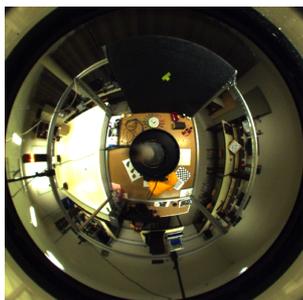
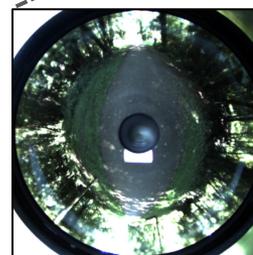
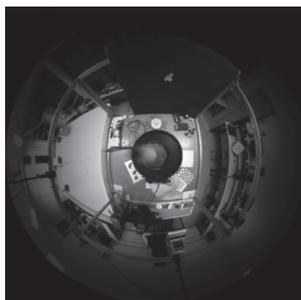
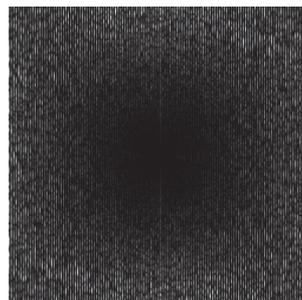


Image omnidirectionnelle



Fenêtre 2-D de Hamming



Module de la transformée log-polaire de Fourier

“Phase Correlation for Dense Visual Compass from Omnidirectional Camera-Robot Images”,
F. Morbidi, G. Caron, in IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 2, n. 2, pp. 688-695, 2017

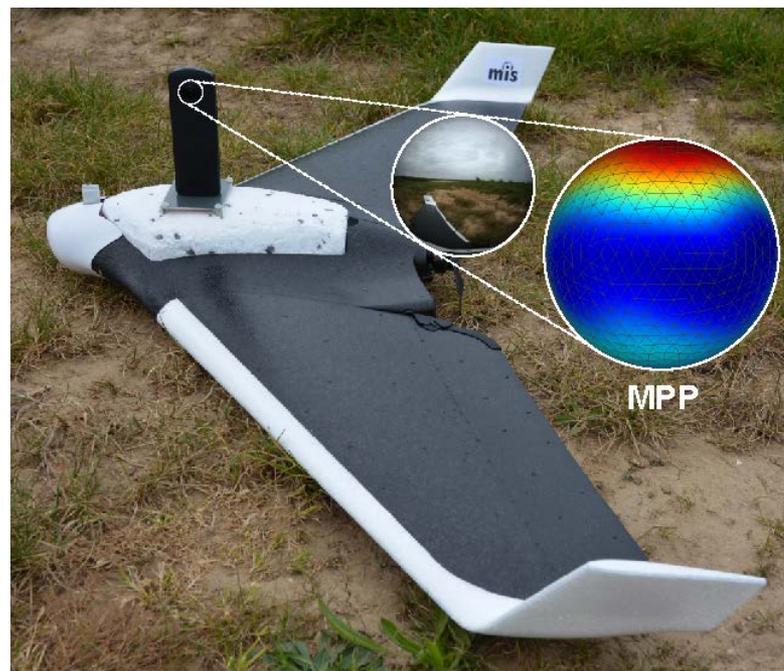
Équipe PR : activités de recherche

Gyroscope visuel sphérique basé sur le mélange de potentiels photométriques

- Nouvelle représentation d'une image sphérique basée sur le *Mélange de Potentiels Photométriques* (MPP)
- Gyroscope précis, robuste et facile à utiliser (un seul paramètre à régler)
- *Validation expérimentale*: caméra twin-fisheye montée sur l'effecteur d'un robot industriel et sur un drone à voilure fixe
- **PanoraMIS**: jeu de données disponible gratuitement sur Internet:

<https://home.mis.u-picardie.fr/~panoramis>

Drone Disco avec une caméra twin-fisheye (Ricoh Theta S) embarquée



“Spherical Visual Gyroscope for Autonomous Robots using the Mixture of Photometric Potentials”,
G. Caron, F. Morbidi, in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom., pp. 820-827, 2018

“PanoraMIS: An Ultra-wide Field of View Image Dataset for Vision-based Robot-Motion Estimation”,
H.-E. Benseddik, F. Morbidi, G. Caron, Int. J. Rob. Research, vol. 39, n. 9, pp. 1037-1051, 2020



Équipe PR : projets de recherche

— Robotique & Vision —

1) **SEARCH**: “*Système d’Exploration Aérienne pour la Recherche et la Cartographie en milieu Hostile*”

- Projet financé par la [région Picardie](#) (2012-2015): lab. MIS et lab. Heudiasyc (UTC)

2) **COALAS**: “*Plateforme Cognitive pour l’Assistance aux Personnes Dépendantes*”

- Projet [U.E. Interreg IVA](#) (2012-2015): France-Angleterre

3) **ADAPT**: “*Dispositifs d’assistance à l’autonomisation de personnes handicapées grâce à la robotique*”

- Projet [U.E. Interreg VA](#) (2017-2022): France-Angleterre

4) **CERBERE**: “*Caméra événementielle pour la pERception d’oBjEts Rapides autour du véhicule autonomE*”

- Projet [ANR PRCE](#) (2022-2025): UPJV, Univ. Bourgogne France-Comté, Univ. de Rouen

5) **EVENTO**: “*Caméras événementielles omnidirectionnelles pour les robots à très haute dynamique*”

- Thèse financée par l’[AID](#) et l’[UPJV](#) (2022-2024)

Équipe PR : projets de recherche

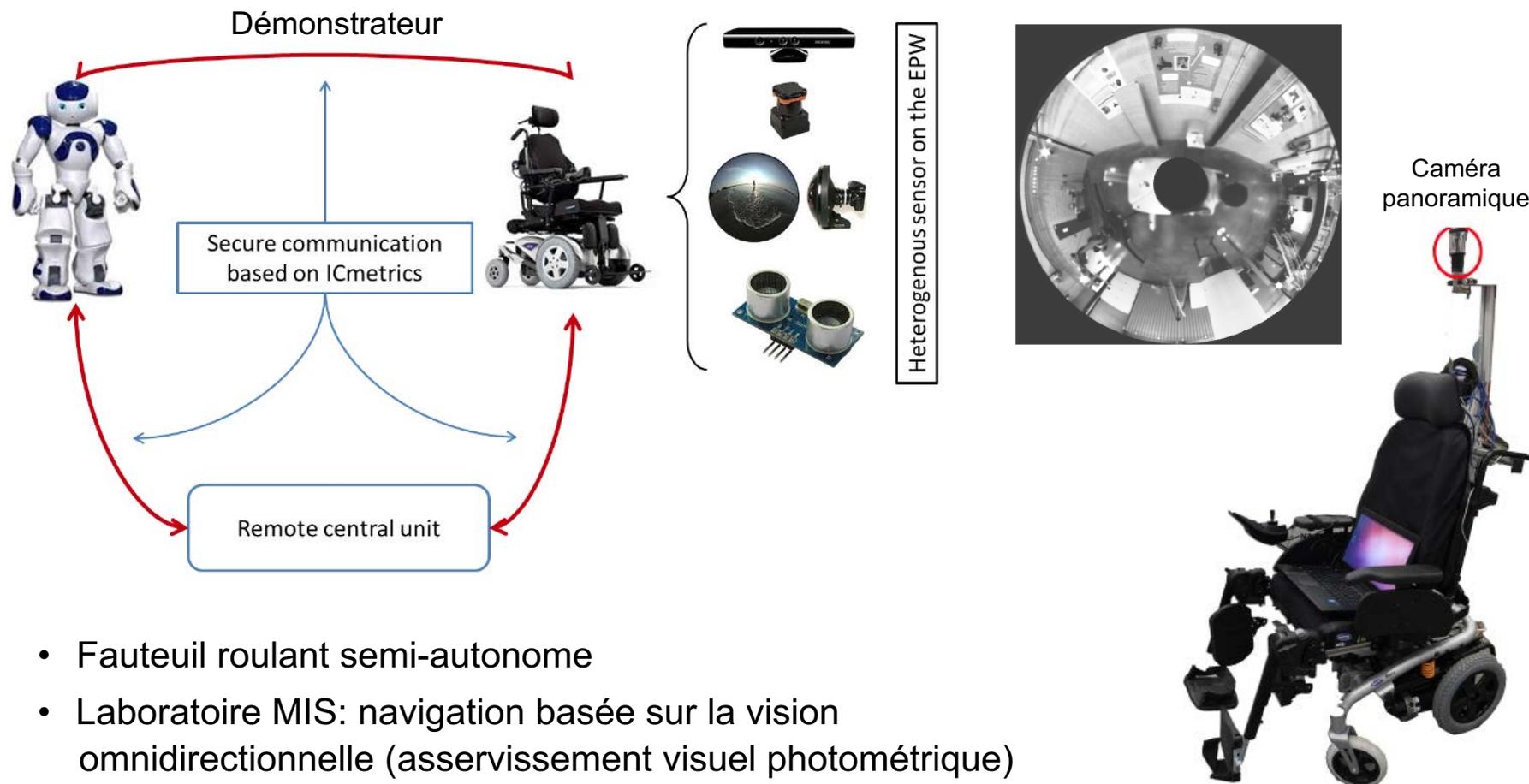
1) SEARCH: "Système d'Exploration Aérienne pour la Recherche et la Cartographie en milieu Hostile"



- Exemple: recherche et détection automatique de personnes en difficulté (marée haute) dans la Baie de Somme
- Un seul drone ou une cohorte de drones à voilure fixe (pour plus d'autonomie)
- Multi-modalité : lumière visible & infrarouge (IR)

Équipe PR : projets de recherche

2) COALAS: "Plateforme Cognitive pour l'Assistance aux Personnes Dépendantes"



Équipe PR : projets de recherche

3) ADAPT: "Dispositifs d'assistance à l'autonomisation de personnes handicapées grâce à la robotique"

- 16 partenaires (8 français, 8 anglais)

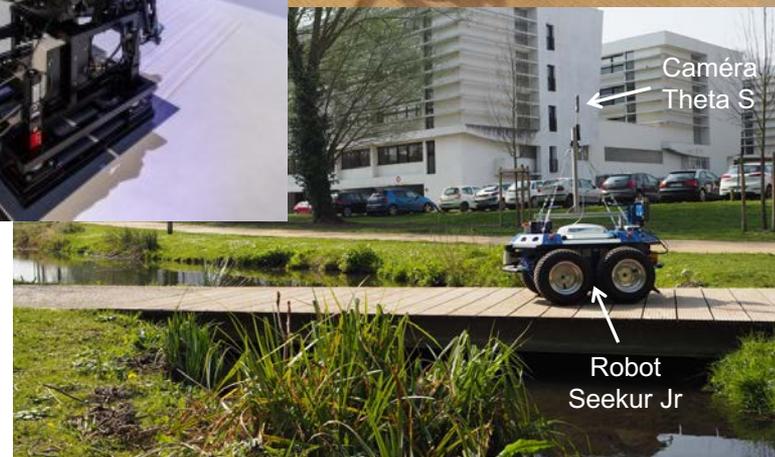
<http://adapt-project.com>



Les 3 axes du projet:

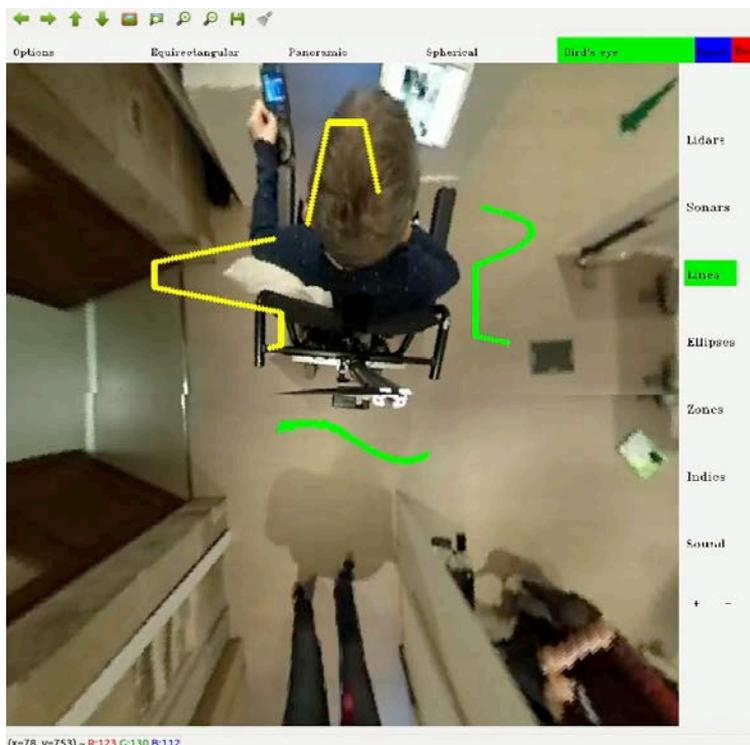
- Réalisation d'un *fauteuil roulant électrique* intelligent et connecté compensant les handicaps des utilisateurs grâce à des technologies d'assistance à la conduite
- Réalisation d'un *simulateur de conduite en réalité virtuelle* pour une expérience immersive du fauteuil roulant
- *Formation* destinée aux professionnels de santé sur les apports du numérique pour les technologies d'assistance

"Assistive Robotic Technologies for Next-Generation Smart Wheelchairs: Codesign and Modularity to Improve Users' Quality of Life", F. Morbidi et al., IEEE Robotics and Automation Magazine, vol. 30, n. 1, pp. 24-35, Mars 2023

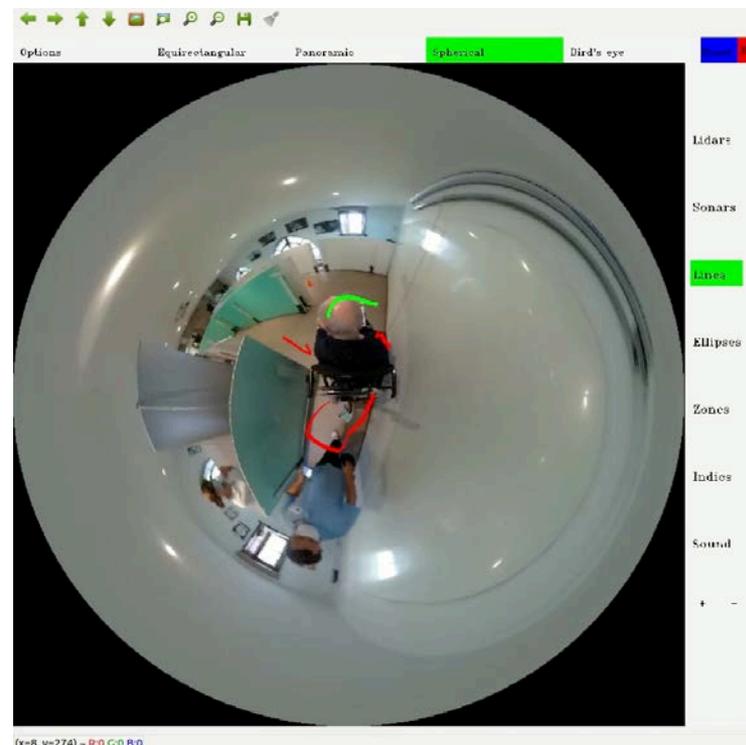


Équipe PR : projets de recherche

3) ADAPT: “Dispositifs d’assistance à l’autonomisation de personnes handicapées grâce à la robotique”



Vue « bird's eye »



Vue sphérique

SpheriCol

Équipe PR : projets de recherche

3) ADAPT: “Dispositifs d'assistance à l'autonomisation de personnes handicapées grâce à la robotique”



Simulateur de fauteuil roulant (INSA Rennes)

Équipe PR : projets de recherche

4) **CERBERE**: “*Caméra événementielle pour la pERception d’oBjEts Rapides autour du véhicule autonomE*”

<https://anr.fr/Projet-ANR-21-CE22-0006>

Ventilateur
sur pied

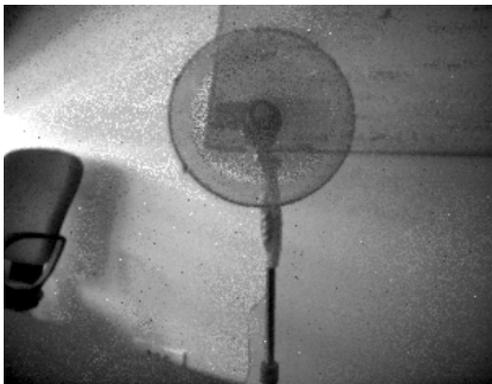
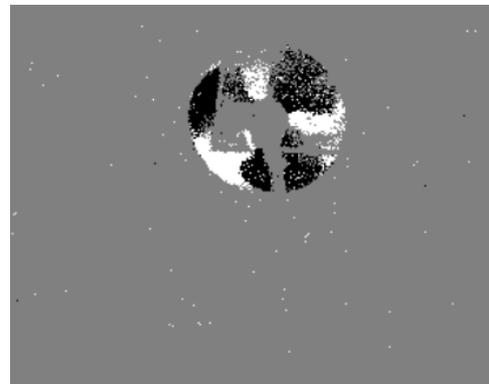
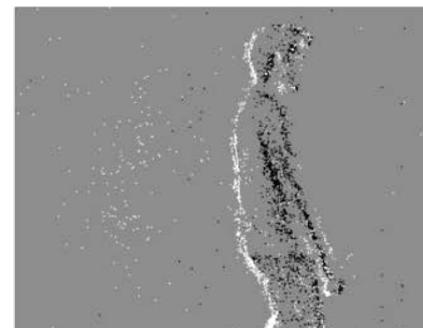
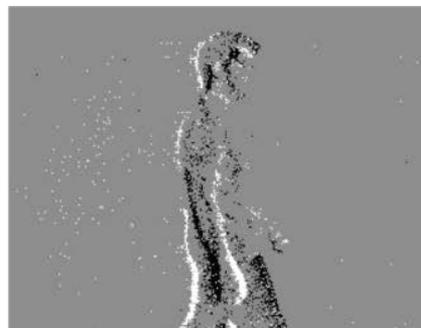
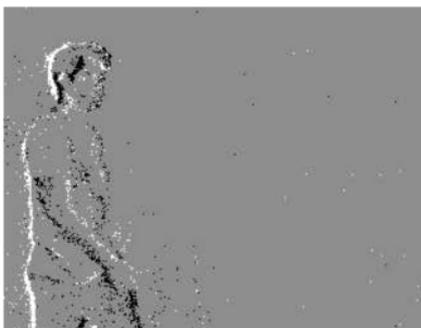


Image en niveaux de gris



« Image » événementielle

Personne
qui marche



Evaluation Kit de Prophesee Gen. 1 (résolution : 640 × 480 pixels)

Équipe PR : projets de recherche

4) CERBERE: “Caméra événementielle pour la pERception d’oBjEts Rapides autour du véhicule autonomE”

Application visée:
Véhicule autonome



Plateforme développée
au laboratoire LITIS
(Univ. de Rouen)
en avril 2023

- 2 caméras EVK4

Dataset DSEC [Gehrig *et al.*, RAM'21] - [Vidéo](#)

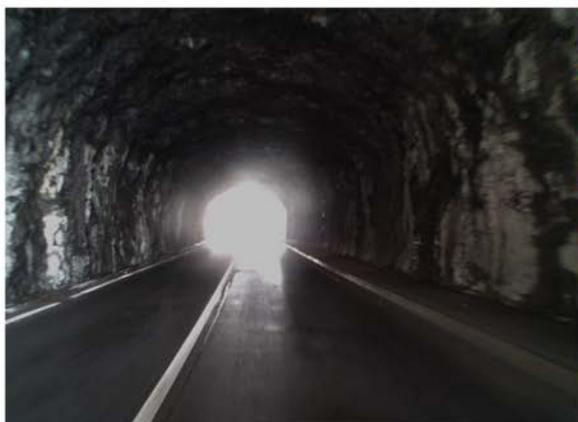


Image en niveaux de gris
d'un tunnel

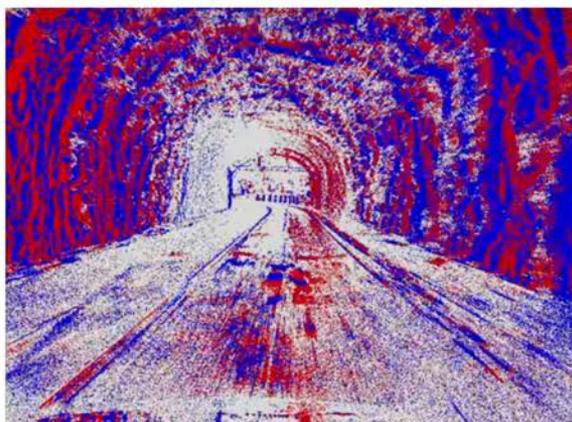
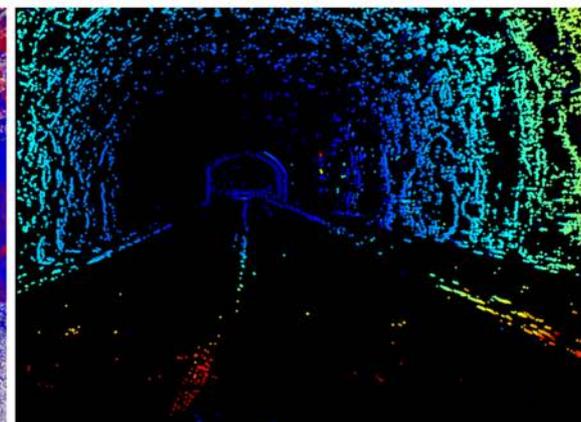


Image événementielle



Profondeur estimée



Équipe PR : projets de recherche

— Numérisation 3D —

E-cathédrale: *“Réalisation et exploitation d'une maquette numérique de la cathédrale d'Amiens”*



- **Programme de recherche sur 15 ans** (2010-2025): plusieurs partenaires locaux (Amiens Métropole) et **projets satellites:**

1) **Assiduitas:** *“Navigation pertinente dans la maquette 3D de la cathédrale d'Amiens”*

- Projet financé par la **région Picardie**, 4 partenaires français (2012-2015)

2) **SUMUM:** *“Stratégie de docUmentation MUltiéchelle, multiModale du patrimoine culturel et naturel : acquisition, traitement, étude et diffusion”*

- Projet **ANR PRC**, 4 partenaires français (2017-2021): <https://anr-sumum.fr>

3) **ScanBot:** *“Scanners Robotisés pour la Numérisation Automatique du Patrimoine”*

- Thèse co-financée par la **région Hauts-de-France** et **ONERA DTIS** (2018-2021)

Équipe PR : projets de recherche

E-cathédrale: “Réalisation et exploitation d'une maquette numérique de la cathédrale d'Amiens” (porteur: Prof. E. Mouaddib)

<https://mis.u-picardie.fr/E-Cathedrale>

- Le modèle 3D obtenu est destiné au grand public, aux jeunes (pédagogie dans les écoles) et aux spécialistes (conservation du patrimoine, études d'histoire de l'art, etc.)
- Nuage de plus de 10 milliards de points colorés
- Modélisation 3D de la charpente de la flèche

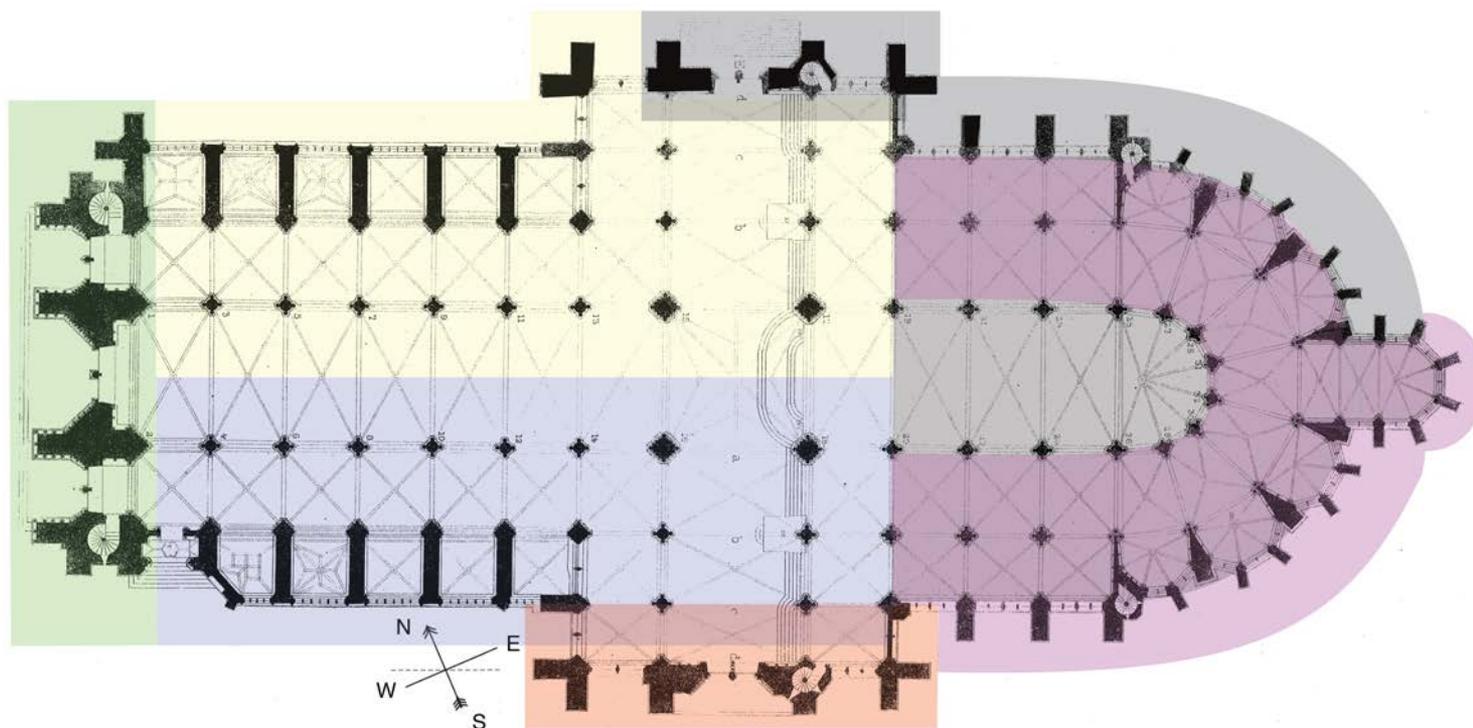


"Le patrimoine «in silico». Exemple de la cathédrale d'Amiens", E.M. Mouaddib, G. Caron, D. Groux-Lecllet, F. Morbidi, In Situ. Revue des patrimoines, vol. 39, 2019

Équipe PR : projets de recherche

- Campagnes de numérisation (Octobre 2010 - Juillet 2016)

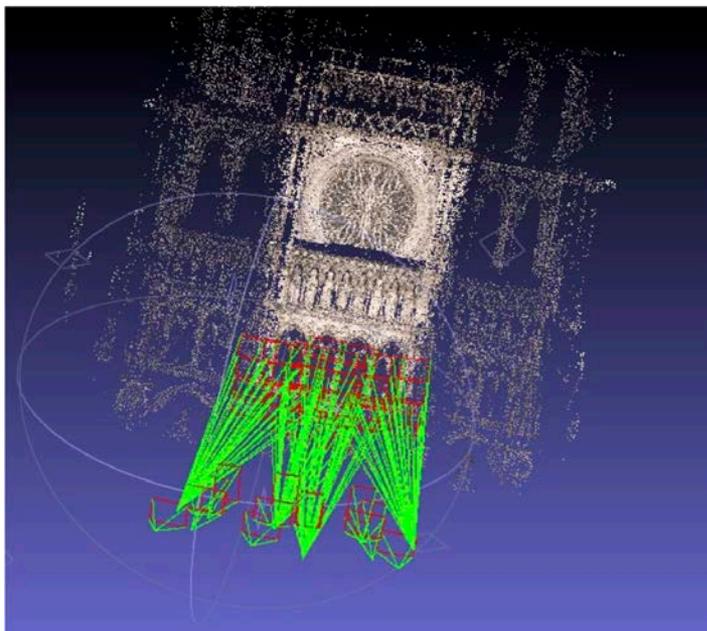
	1st Campaign, October 2010		4th Campaign, October 2013
	2nd Campaign, October 2011		5th Campaign, February 2016
	3rd Campaign, October 2012		6th Campaign, July 2016



Équipe PR : projets de recherche

Technologies utilisées pour la numérisation 3D :

- **Lasergrammétrie** (scanners lasers: ScanStation C10 et Focus^{3D} X 130)
- **Photogrammétrie** aérienne et terrestre (avec l'IGN)
- **Topographie**



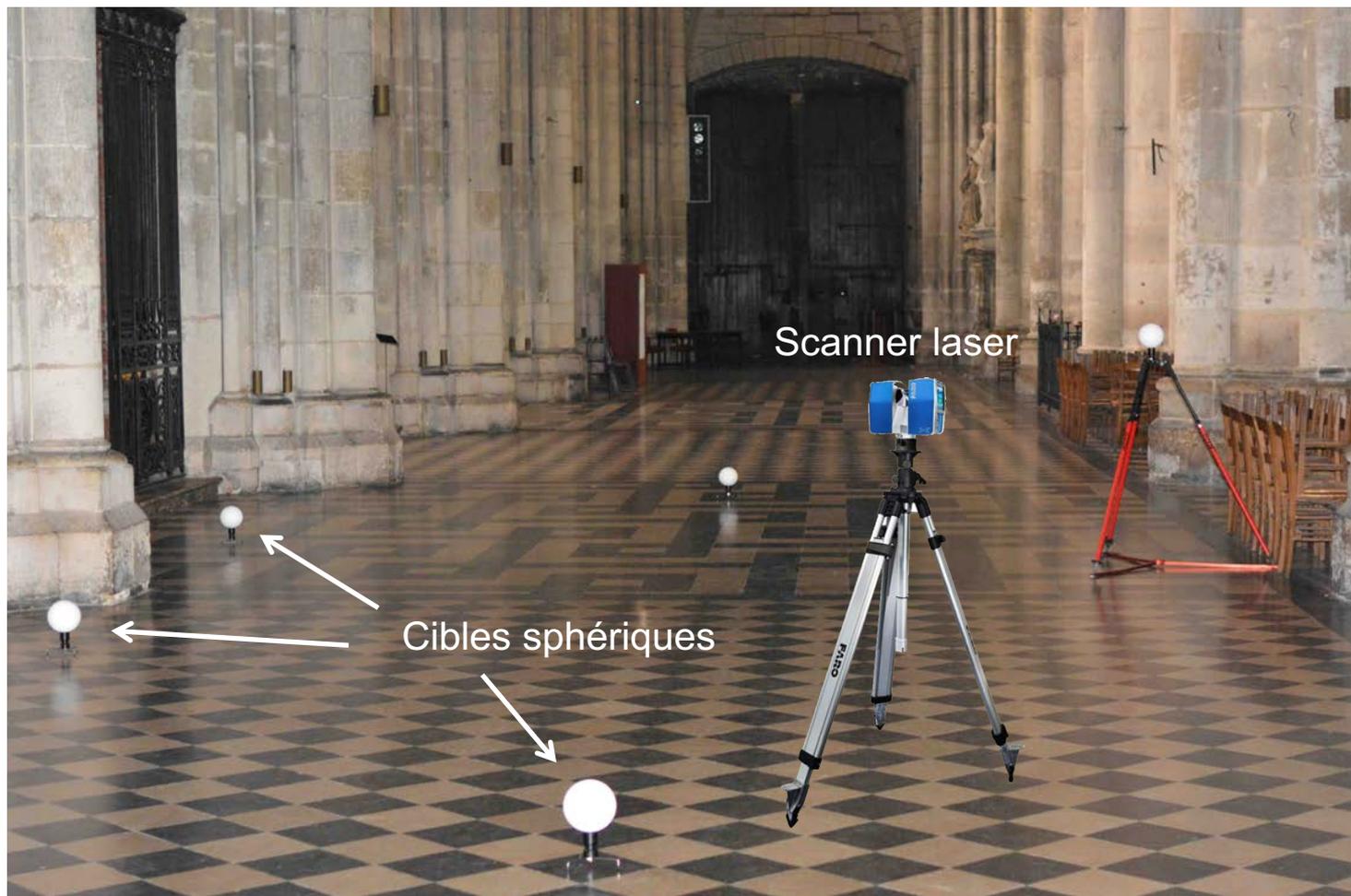
ScanStation de Leica



Focus^{3D} de Faro

Équipe PR : projets de recherche

Scanner laser et cibles dans la cathédrale



Équipe PR : projets de recherche

Octobre 2011



Juillet 2016



Équipe PR : projets de recherche

Arcs-boutants

Toiture des collatéraux (côté sud-est)



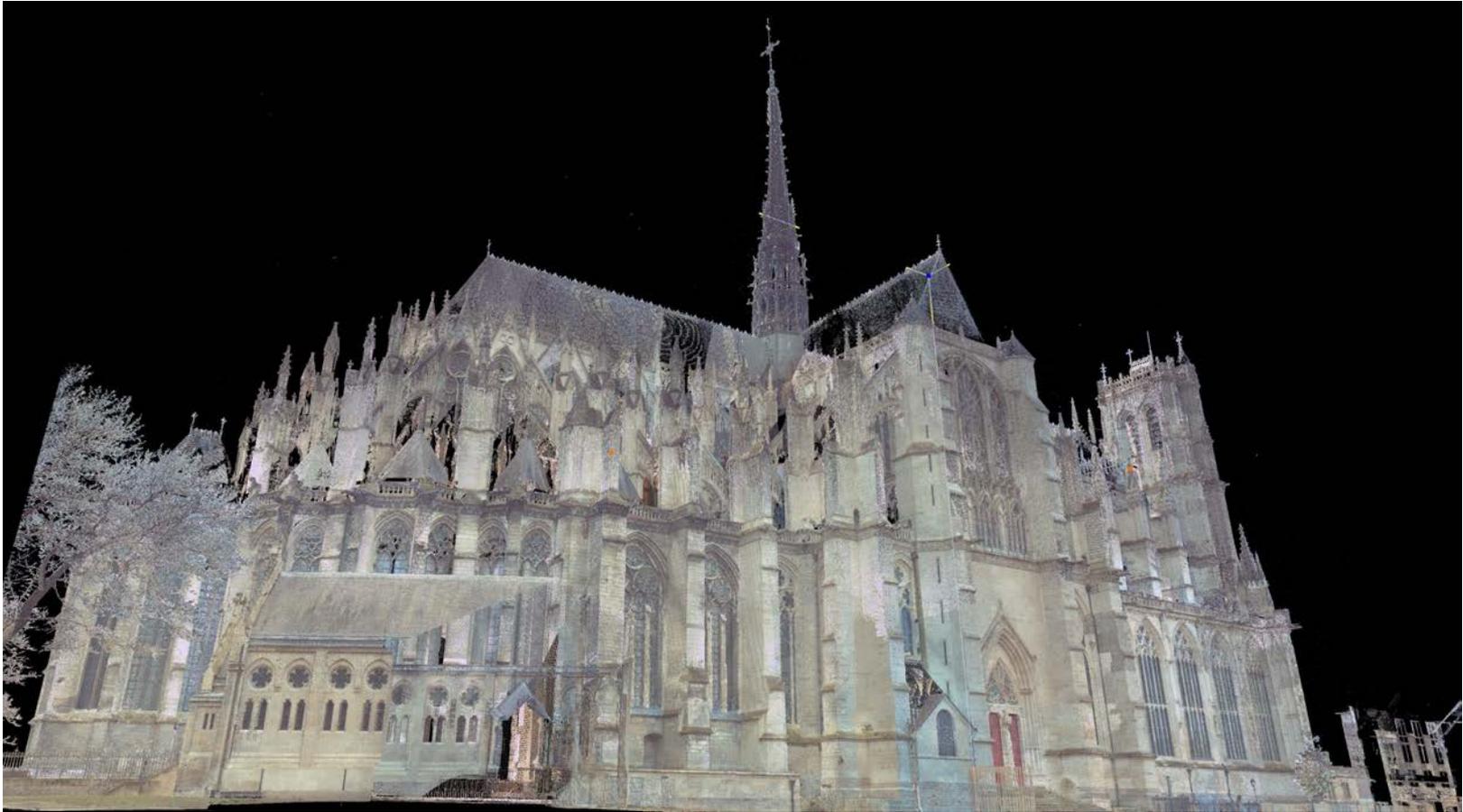
Poutres de la charpente



Équipe PR : projets de recherche

- Lasergrammétrie

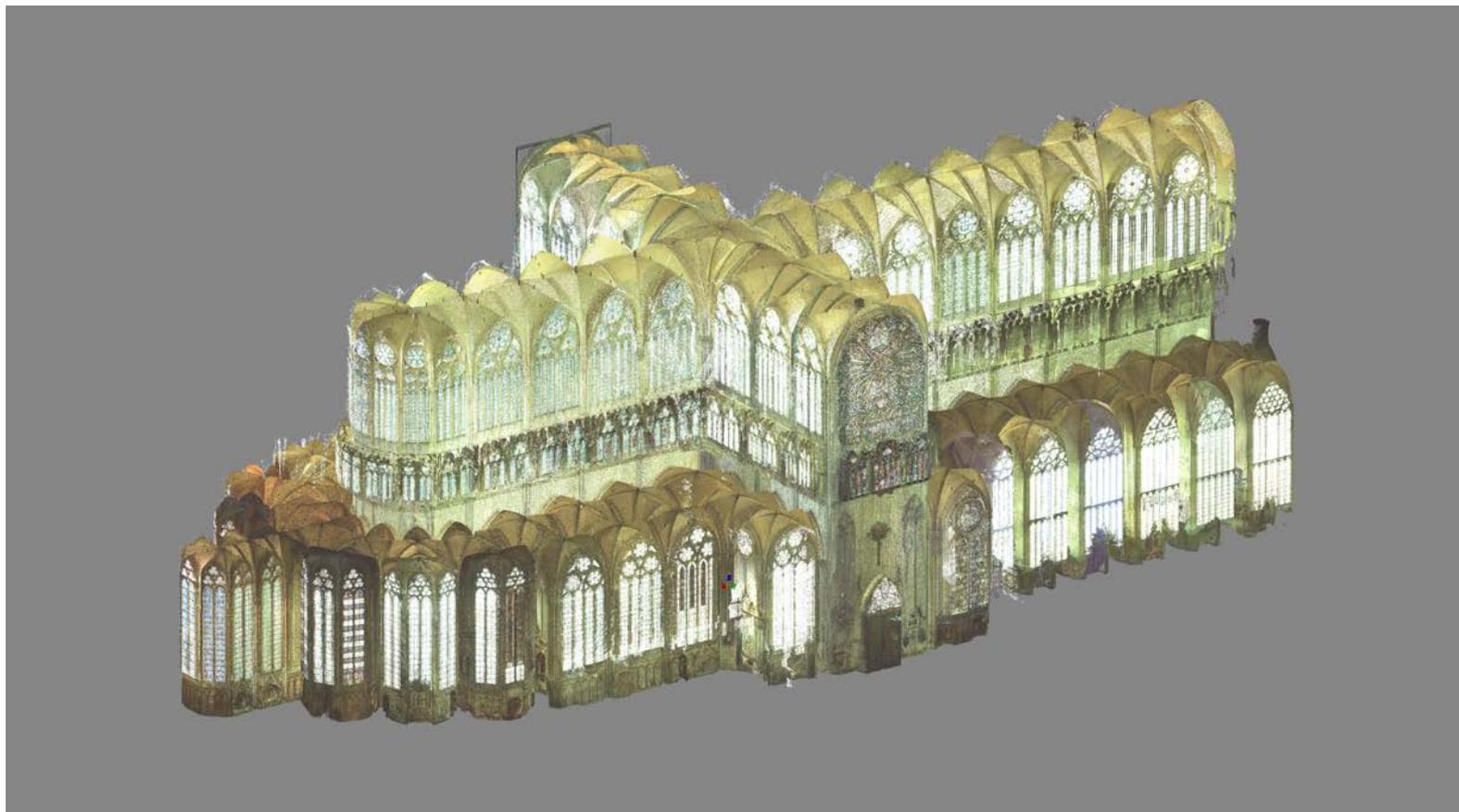
Chœur : vue du côté nord-est (printemps 2016)



Équipe PR : projets de recherche

- Lasergrammétrie

Vue de l'intérieur, côté nord-est (printemps 2016)



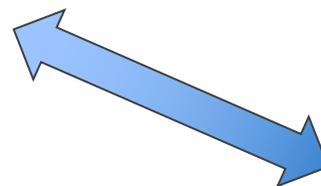
Équipe PR : projets de recherche

- Photogrammétrie

16 images à haute résolution prises sur un arc de cercle
à une distance de 20 m du portail (novembre 2016)



Modèle 3D du portail du transept sud obtenu
avec le logiciel *MicMac* (5 millions de points)



Modèle 3D du
transept sud (laser)

Équipe PR : projets de recherche

Navigation pertinente dans un nuage de points 3D [Habibi *et al.*'14]



1) Projet *Assiduitas*

Équipe PR : projets de recherche

Navigation pertinente dans un nuage de points 3D [Habibi *et al.*'14]



1) Projet *Assiduitas*

Équipe PR : projets de recherche

3) ScanBot: “Scanners Robotisés pour la Numérisation Automatique du Patrimoine”

En Picardie ...

- 1607 immeubles (édifices et jardins), dont la conservation présente un intérêt historique ou artistique (au 31 décembre 2011)
- Coût des travaux dans les chantiers de restauration des monuments classés en péril: 43.67 M€ en 2007



Collégiale de Saint-Vulfran (Abbeville)



Château de Compiègne

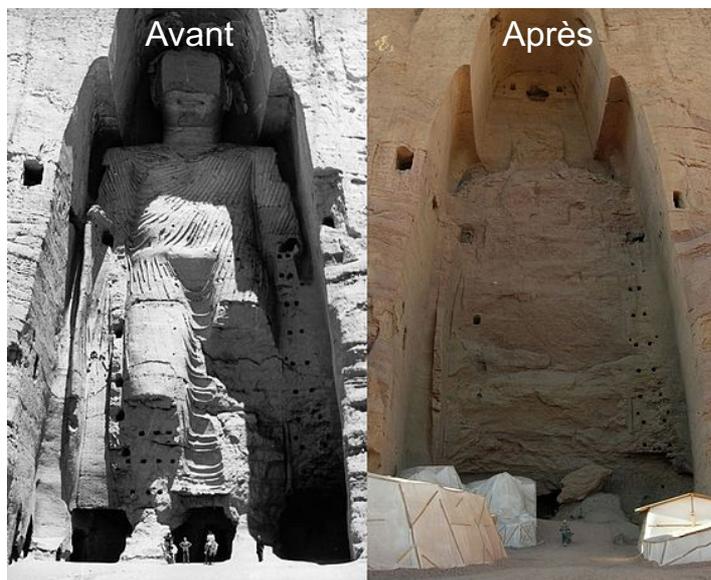


Beffroi d'Amiens

Équipe PR : projets de recherche

3) ScanBot: “Scanners Robotisés pour la Numérisation Automatique du Patrimoine”

En Iran...



Statue du grand Bouddha (Dipankara) avant et après sa destruction en mars 2001 par les Talibans

En Syrie...

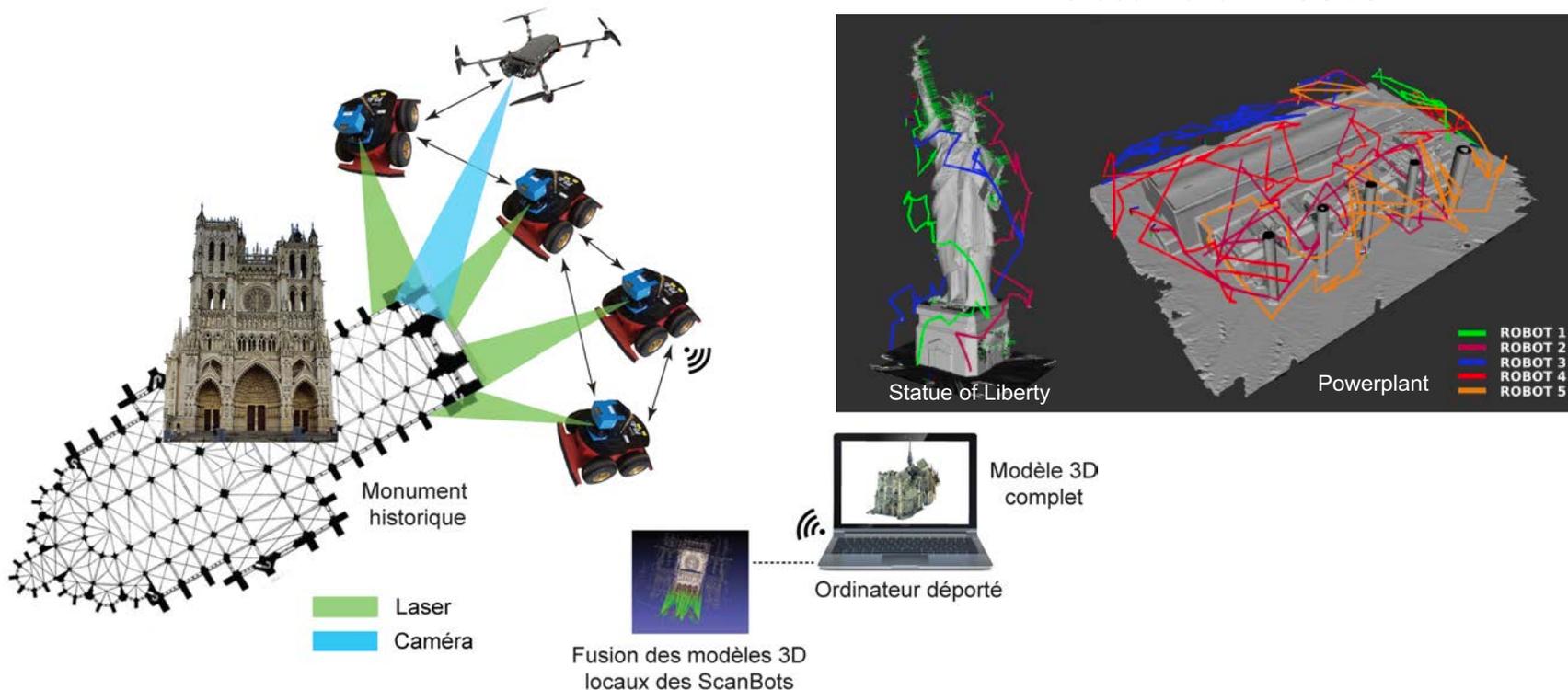


Temple de Baal à Palmyre (32 ap. J.-C.).
Le 30 août 2015, le site a été détruit à l'explosif par l'État Islamique

Équipe PR : projets de recherche

3) ScanBot: "Scanners Robotisés pour la Numérisation Automatique du Patrimoine"

Hardouin et al. IROS'20



- "Next-Best-View planning for surface reconstruction of large-scale 3D environments with multiple UAVs", G. Hardouin, J. Moras, F. Morbidi, J. Marzat, E. Mouaddib, in Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Intel. Robots Syst., pp. 1567-1574, 2020
- "A Multirobot System for 3-D Surface Reconstruction With Centralized and Distributed Architectures", G. Hardouin, J. Moras, F. Morbidi, J. Marzat, E. Mouaddib, IEEE Trans. Robotics, 2023, in press, DOI: [10.1109/TRO.2023.3258641](https://doi.org/10.1109/TRO.2023.3258641)

Le doctorat de recherche

- Le **doctorat** est le diplôme universitaire **le plus haut**

- Le doctorat se fait au sein d'un **laboratoire** ou **unité de recherche** (34 unités à l'UPJV)
- Le doctorant est encadré par un directeur de thèse HDR (et par un ou plus co-encadrants)
- Le doctorat a une durée de **3 ans** en France et en Europe. Il se termine par une **soutenance de thèse** devant un jury d'experts. Les co-tutelles sont possibles
- **Financements**: allocation ministérielle, fonds région HdF/UE, CIFRE (avec une entreprise)
- Le doctorat ouvre les portes à des **positions permanentes** dans les universités et dans les labos de recherche publiques et privés (en France: CNRS, INRIA, CEA, ONERA, Thales, etc.)
- Possibilité d'**enseignement** à partir de la 2^e année, 64h/an max (CDE: contrat doctoral élargi)
- Pour plus d'infos, consultez la page web de l'*Ecole Doctorale Sciences, Technologie, Santé* de l'UPJV (directeur: A. El Hajjaji): www.u-picardie.fr/ecoledoctorales/edsts



EDSTS

ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES, TECHNOLOGIE, SANTÉ - EDSTS



Merci de votre attention !

